

**Knock detection in internal combustion engine involves making knock detection threshold less sensitive and/or modifying reference level control while filter characteristic change occurring**

Publication number: DE10138110 (A1)

**Publication date:** 2002-03-21

**Inventor(s):** SAULER JUERGEN [DE]; FRANKE STEFFEN [GB]; UNLAND STEFAN [DE]; TORNÖ OSKAR [DE]; HEINSTINE AXEL [DE]; KLUTH CARSTEN [DE]; HAEMING WERNER [DE]; BAEBERLE MICHAEL [DE]

Applicant(s): BOSCH GMBH ROBERT [DE]

**Classification:**

- international: F02D35/00; F02P5/152; G01L23/22; F02D35/00; F02P5/152; G01L23/00; (IPC1-7); G01L23/22

- European: F02P5/152; F02P5/152D; G01L23/22B6

Application number: DE20011038110 20010803

Priority number(s): DE20011038110 20010803; DE20001040059 20000811;

Priority Number(s): DE200110336710 20010803  
DE20001043363 20000902

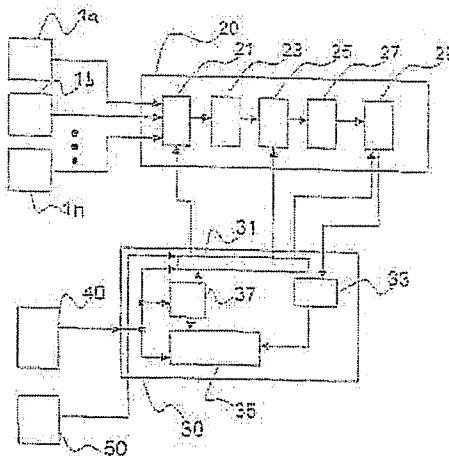
**Also published as**

-  WO0214822 (A1)
-  US2004030486 (A1)
-  US7051711 (B2)
-  KR20070116947 (A)
-  JP2004506847 (T)

[more >>](#)

## Abstract of DE 10138110 (A1)

The method involves changing a filter characteristic in an evaluation circuit when a knock detector output signal exceeds a reference value in a way that can be defined. During a phase in which a change in filter characteristic is taking place a modified knock detection method is implemented, whereby the knock detection threshold is made less sensitive and/or the reference level control is modified. Independent claims are also included for the following: an arrangement for knock detection in an internal combustion engine.



Data supplied from the [esp@cenet](http://esp.cenet.org) database — Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 101 38 110 A 1

⑯ Int. Cl. 7:

G 01 L 23/22

DE 101 38 110 A 1

⑯ Aktenzeichen: 101 38 110.7

⑯ Anmeldetag: 3. 8. 2001

⑯ Offenlegungstag: 21. 3. 2002

⑯ Innere Priorität:

100 40 059. 0 11. 08. 2000  
100 43 363. 4 02. 09. 2000

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

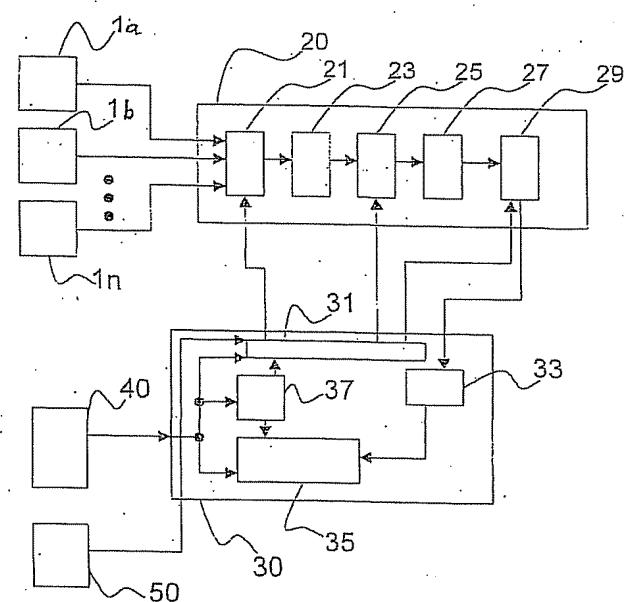
⑯ Erfinder:

Sauler, Jürgen, 70192 Stuttgart, DE; Franke, Steffen, Denham, Uxbridge, Middlesex, GB; Unland, Stefan, 71665 Vaihingen, DE; Torno, Oskar, 71701 Schwieberdingen, DE; Heinstein, Axel, 71299 Wimsheim, DE; Kluth, Carsten, 70469 Stuttgart, DE; Haeming, Werner, 74861 Neudenau, DE; Baeuerle, Michael, 71706 Markgröningen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Verfahren zur Klopferkennung bei Brennkraftmaschinen

⑯ Es werden Vorrichtungen bzw. Verfahren zur Klopferkennung bzw. Klopfregelung beschrieben, bei denen die Klopferkennungsschaltung neben den üblichen Bauteilen ein Filter mit umschaltbarer Filtercharakteristik aufweist. Die Umschaltung der Filtercharakteristik bzw. die Verschiebung beispielsweise der Mittelfrequenz des Filters erfolgt unter Berücksichtigung vorgebbarer Größen oder Parameter, beispielsweise drehzahlabhängig. Während der Umschaltung der Filtercharakteristik bzw. der Verschiebung der Mittelfrequenz können Probleme bei der Klopferkennung auftreten, es werden deshalb Maßnahmen vorgeschlagen, die während einer vorgebaren Zeit dauernden Umschaltphase die Klopferkennung nach einem speziellen Klopferkennungsalgorithmus durchführen.



DE 101 38 110 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine und einer entsprechenden Vorrichtung nach der Gattung der Hauptansprüche.

[0002] Es ist bekannt, dass bei einer Brennkraftmaschine mit einer Klopffregelung ein Klopferkennungsverfahren durchgeführt wird, in dem der vom Klopfsensor oder von den Klopfsensoren aufgenommene und in ein elektrisches Signal transformierte Körperschall in einer Signalverarbeitungseinrichtung verarbeitet wird. Die Signalverarbeitungseinrichtung, die beispielsweise im Steuergerät der Brennkraftmaschine vorhanden ist, führt eine digitale oder analoge Signalaufbereitung durch. Ein wesentlicher Bestandteil der Signalaufbereitung bzw. der zugehörigen Auswertschaltung ist ein Bandpaßfilter. Die Charakteristik des Bandpaßfilters, also seine Mittenfrequenz, Güte usw. muss dabei so ausgelegt werden, dass der energetische Schwerpunkt der Klopffrequenzen im Durchlassbereich liegt, während die Frequenzen von Störgeräuschen nach Möglichkeit außerhalb des Durchlassbereiches liegen sollten. Damit werden die Störgeräusche im wesentlichen unterdrückt.

[0003] Bei modernen Motoren bzw. Brennkraftmaschinen mit einer Vielzahl von Nebenaggregaten und Aktuatoren zeigen die Frequenzen der Störgeräusche ggf. eine starke Drehzahlabhängigkeit. Um eine gute Klopferkennung über das gesamte Drehzahlband gewährleisten zu können, wird daher bei solchen Motoren bzw. Brennkraftmaschinen mit einer drehzahlabhängigen Filtercharakteristik gearbeitet. Eine Einrichtung, die die vorstehend beschriebenen Klopferkennung durchführt, wird in der Druckschrift EP 0 576 650 B1 beschrieben.

[0004] Die aus der EP 0 576 650 bekannte Einrichtung zur Klopferkennung umfasst in ihrem Signalverarbeitungszweig unter anderem ein Bandpaßfilter, dessen Mittenfrequenz abhängig von der Motordrehzahl veränderbar ist. Die Mittenfrequenz wird dabei so gelegt, dass die vom Klopfen verursachten Signalanteile möglichst wenig gefiltert werden, während die Hintergrund- bzw. Störsignale möglichst gut ausgefiltert werden. Da sich die Frequenzen drehzahlabhängig verschieben können, wird ein Bandpaßfilter mit änderbarer Mittenfrequenz eingesetzt. Klopfen wird bei der bekannten Einrichtung in üblicher Weise erkannt, wenn sich ein Integralwert, der aus klopftypischen Signalanteilen gebildet wird, in vorgebbarer Weise von einem von den Hintergrundsignalen abhängigen Wert unterscheidet.

[0005] Mit einer Änderung der Filtercharakteristik ändert sich im allgemeinen auch das gefilterte Signal, welches ein Maß für das Geräusch der Verbrennung darstellt. Da die Klopferkennung über die Bildung des Verhältnisses  $virk$  aus dem Geräusch bzw. dem sogenannten Klopffintegrale  $ikr$  der aktuellen Verbrennung und dem über mehrere vergangene Verbrennungen des selben Zylinders gemittelten Geräusch, dem sog. Referenzpegel  $rkr$  erfolgt, können Probleme bei der Umschaltung der Filtercharakteristik auftreten. Überschreitet der Wert von  $virk = ikr/rkr(\text{old})$  die Klopferkennungsschwelle  $ke$ , so wird auf Klopfen erkannt, d. h. bei  $ikr > rkr(\text{old}) \cdot ke$  wird Klopfen erkannt.

[0006] Die Referenzpegelberechnung erfolgt üblicherweise im kloppfreien Betrieb rekursiv gemäß folgender Formel oder einer ähnlichen Formel und wird beispielsweise in der DE-P 195 45 649.1 beschrieben. Es gilt dabei:

$$rkr(\text{new}) = (1 - 1/\text{KRFTP}) \cdot rkr(\text{old}) + 1/\text{KRFTP} \cdot ikr.$$

[0007] Der Faktor KRFTP wird dabei als sogenannter Nachführfaktor bezeichnet.

[0008] Erfolgt von einer nächsten Verbrennung eine Änderung der Filtercharakteristik, d. h. wird beispielsweise die Mittenfrequenz des Filters an neue bzw. geänderte Gegebenheiten angepasst, dann erfährt das aktuelle Verbrennungsgeräusch bzw. das Klopffintegrale  $ikr$  eine ggf. deutliche Änderung, während der Referenzpegel  $rkr$  diese Änderung nur langsam erfährt bzw. nur langsam nachgeführt wird. Beim stehen die Änderung von  $ikr$  insbesondere in einer deutlichen Erhöhung, kann es zu einer sog. Fehlerkennung von Klopfen kommen, dass heißt eine nichtklopfende Verbrennung wird fälschlicherweise als klopfend erkannt. Damit werden Änderungen des Zündwinkels veranlaßt, die eigentlich unnötig sind. Als Ergebnis dieser ersten Fehlerkennung kann es zu weiteren Fehlererkennungen kommen, da das für eine klopfende Verbrennung gemessene Klopffintegrale  $ikr$  nicht vollständig in den Referenzpegel  $rkr$  eingerechnet wird, sondern sofort durch den Faktor  $ke$  geteilt wird, um einen Anstieg von  $rkr$  durch das vermeintliche Klopfgeräusch zu vermeiden. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$rkr(\text{new}) = (1 - 1/\text{KRFTP}) \cdot rkr(\text{old}) + 1/\text{KRFTP} \cdot (ikr/ke).$$

[0009] Umgekehrt wird die Klopferkennung bei einer deutlichen Verminderung des Verbrennungsgeräusches für eine bestimmte Zeit taub, d. h. klopfende Verbrennungen werden ggf. nicht erkannt. Die Änderung der Filtercharakteristik führt daher zu einer zeitlich begrenzten Unsicherheit in der Klopferkennung. Außerdem führt jede Fehlerkennung von Klopfen zu einer unnötigen Zündwinkelstörung und damit zu entsprechender Einbuße von Leistung und Wirkungsgrad. Andererseits bewirkt die Nichterkennung von klopfenden Verbrennungen einen erhöhten Motorverschleiß.

## Aufgabe der Erfindung

[0010] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Sicherheit bei der Klopferkennung während der Umschaltphase der Filtercharakteristik zu erhöhen. Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Klopferkennung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Diese Merkmale umfassen einen Algorithmus zur Referenzpegelberechnung, der so definiert ist, dass das Problem der Fehlerkennung bzw. Nichterkennung in der Umschaltphase der Filtercharakteristik minimiert wird und gleichzeitig nach wie vor eine Erkennung tatsächlicher Klopfen ermöglicht wird. Erfindungsgemäß werden dabei zwei Maßnahmen für die vorbestimmbare Dauer der Umschaltphase vorgeschlagen, die einerseits zu einer Referenzpegelnachführung durch Wahl eines kleineren Referenzpegelnachführfaktors KRFTP führen. Somit werden Änderungen des Grundgeräusches der Brennkraftmaschine bzw. des Motors schneller erfaßt. Andererseits wird bei einer Umschaltung der Filtercharakteristik, die zu einem größeren Grundgeräusch führt, die Klopferkennungsschwelle  $ke$  mit einem Faktor  $FKEFMU1 > 1$  korrigiert, d. h. die Klopferkennung wird unempfindlicher, um Fehlererkennungen zu vermeiden.

[0011] Entsprechend erfolgt eine Korrektur mit  $FKEFMU2 < 1$  bei einer Umschaltung, die zu einem kleineren Grundgeräusch führt. Damit wird weiterhin eine sichere Klopferkennung gewährleistet.

## Vorteile der Erfindung

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhän-

gigen Ansprüche hat den Vorteil, dass auch während der Umschaltphase des Filters, also während der Änderung der Filtercharakteristik Fehlererkennungen von Klopfen zuverlässig vermieden werden. Gleichzeitig wird Klopfen auch in dieser Phase sicher erkannt. Erzielt wird dieser Vorteil, indem während der Umschaltphase ein modifiziertes Klopferkennungsverfahren durchgeführt wird, bei dem die Klopferkennungsschwelle unempfindlicher geschaltet wird und/oder die Referenzpegelnachführung modifiziert wird.

[0013] Weitere Vorteile der Erfahrung werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen erzielt. In vorteilhafter Weise wird dabei für die Umschaltphase eine vorgebbare Zeitdauer angenommen, deren Ablauf beispielsweise mittels eines Zählers bestimmt wird.

[0014] Die für die modifizierte Klopferkennung benötigten Werte für die Klopferkennungsschwellen und/oder für die Referenzpegelnachführung werden vorteilhafterweise mit Hilfe geeigneter Faktoren, mit denen die üblichen Werte beaufschlagt werden, gebildet.

[0015] Weitere Vorteile der in den Unteransprüchen beanspruchten Lösungen sind darin zu sehen, dass unterschiedliche Entfernung der Klofsensoren zu den einzelnen Zylindern berücksichtigt werden, da aufgrund der unterschiedlichen Entfernung der Klofsensoren zu den einzelnen Zylindern Frequenzverschiebungen der Signale, die aufgrund einer Verbrennung in den Zylindern entstehen, und der Störsignale auftreten. Des weiteren wird berücksichtigt, dass bei unterschiedlichen Drehzahlen eine Frequenzverschiebung der Signale aus der Verbrennung und der Störsignale stattfindet, so dass auch hier der optimale Frequenzbereich beobachtet wird und entsprechend die Klopferkennung optimal durchgeführt werden kann.

[0016] Besonders vorteilhaft ist dabei, dass bei einer Verschiebung der Mittenfrequenz des Bandpassfilters der Durchlassbereich zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird. Ebenfalls erfolgt eine einfache Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters dadurch, dass die obere und/oder die untere Eckfrequenz des Durchlassbereichs verschoben wird. Ein vorteilhaftes schnelles Auslesen der Mittenfrequenz oder der unteren Eckfrequenz oder der oberen Eckfrequenz des Durchlassbereichs geschieht dadurch, dass die Mittenfrequenz und/oder die untere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz aus einem jeweiligen Kennfeld gelesen wird, wobei die Werte des Kennfelds Werten der Drehzahl und/oder dem jeweiligen Zylinder zugeordnet sind.

[0017] Es ist weiterhin vorteilhaft, die Klopferkennungsschwelle und/oder einen zylinderindividuellen Referenzwert für das integrierte Kopfsignal bei der Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters so schnell wie möglich anzupassen. Hierzu ist es vorteilhaft, sowohl die Klopferkennungsschwelle als auch einen Nachführfaktor des zylinderindividuellen Referenzwerts des integrierten Klofsignals bei Änderung des Durchlassbereichs jeweils mit einem Korrekturfaktor zu multiplizieren, so dass eine schnelle Anpassung der Klopferkennung an die zu erwartenden geänderten integrierten Klofsignale erfolgt.

[0018] Die beanspruchten Verfahren zur Klopferkennung laufen vorteilhafterweise im Prozessor eines für die Regelung der Brennkraftmaschine eingesetzten Steuergerätes ab, wobei des Steuergerät selbstverständlich alle Mittel wie Speicher, Verbindungen usw. umfaßt, die für die Berechnungen erforderlich sind und alle benötigten Informationen erhält und nach der Klopferkennung die erforderlichen Gegenmaßnahmen zur Klopfverhinderung einleitet.

[0019] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen sind der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen.

[0020] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Dabei zeigt Fig. 1 eine erste erfindungsgemäße Anordnung zur Klopferkennung und Fig. 3 zeigt eine zweite erfindungsgemäße Anordnung, in der das erfindungsgemäße Verfahren nach Fig. 2 abläuft.

10

## Beschreibung

[0021] In der Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Klopferkennung einer Brennkraftmaschine dargestellt, die im Weiteren beschrieben wird. Diese erfindungsgemäße Vorrichtung ist in der Lage, das erfindungsgemäße Verfahren zur Klopferkennung für eine Brennkraftmaschine durchzuführen.

[0022] Mittels der Klofsensoren 1a, 1b bis 1n ist es möglich, Signale, die aufgrund der in den Zylindern der Brennkraftmaschine (hier nicht dargestellt) stattfindenden Verbrennung entstehen, zu erfassen. Dabei können die Klofsensoren sowohl Signale aus dem Brennraum der Zylinder als auch Signale in der Nähe der Zylinder erfassen, wobei sie sowohl im Brennraum als auch außerhalb des Brennraums angeordnet sein können. Derartige Sensoren sind beispielsweise Druckaufnehmer für den Brennraumdruck, eine Ionenstromfassungen, ein Beschleunigungsaufnehmer, optische Sensoren, Mikrofone oder piezokeramische Sensoren, die beispielsweise in der Zylinderkopfschraube, der Schraube am Kurbelwellen-Hauptlager, der Zündkerze, in der Zylinderkopfdichtung oder am Motorblock angebracht sind. In den meisten heute hergestellten Brennkraftmaschinen sind mehrere Klofsensoren gleicher Art vorgesehen, wobei es jedoch auch möglich ist, lediglich einen Klofsensor vorzusehen. Eine Kombination verschiedener Klofsensorarten ist ebenfalls denkbar.

[0023] Die von den Klofsensoren 1a, 1b, ..., 1n erfassten Vibrationen werden als elektrische Signale abgegeben und an eine Auswerteschaltung 20 weitergeleitet. In der Auswerteschaltung 20 ist zunächst ein Multiplexer 21 vorgesehen, an den die Signale der einzelnen Klofsensoren 11, 12, ..., 1n weiter geleitet werden. Dabei wird, abhängig von jeweiligen Zylinder, bei dem aktuell eine Verbrennung stattfindet und somit auch eine Klopfsignal zu erwarten ist, das Signal eines bestimmten, festlegbaren Klofsensors 1a, 1b, ..., 1n durch den Multiplexer 21 ausgewählt. Diese Auswahl wird durch die Ansteuereinheit 31 des Mikrocomputers 30 gesteuert, die mit dem Multiplexer 21 verbunden ist. Das Ausgangssignal des Multiplexers 21 wird anschließend in der Auswerteschaltung 20 an einen Verstärker 23 weiter gegeben und dort entsprechend der Anforderungen der weiteren Auswertung verstärkt. Dieses verstärkte Signal wird anschließend an einen Bandpassfilter 25 weitergegeben, der ein bestimmtes Frequenzband aus dem verstärkten Signal selektiert. Dabei wird durch den Bandpassfilter 25 ein Frequenzband ausgewählt, in dem für das Klopfen charakteristische Frequenzen liegen. Durch diese Bandpassfilterung können Störsignale, die in einem anderen Bereich liegen, effektiv ausgeblendet werden.

[0024] Das bandpassgefilterte Signal wird von dem Bandpassfilter 25 an den Gleichrichter 27 weitergegeben und in dem Gleichrichter 27 gleichgerichtet. Das gleichgerichtete Signal wird anschließend mittels eines Integrators 29 integriert, so dass nun ein Signal zur Verfügung steht, das charakteristisch für die Intensität des Klopfens in einem bestimmten Zylinder der Brennkraftmaschine ist. Dabei wird die Integration des vom Gleichrichter übertragenen Signals nur während eines bestimmten Zeitfensters vorgenommen,

wobei das Zeitfenster, das auch Messfenster genannt wird, eine Zeitspanne umfasst, die charakteristisch für das Auftreten von Klopfsignalen ist. Durch die Auswahl des Zeitfensters können analog zur Auswahl des Frequenzbands Störsignale ausgeblendet werden. Das Zeitfenster wird dabei von der Ansteuereinheit 31 des Mikrocomputers 30 vorgegeben, wobei die Ansteuereinheit 31 mit dem Integrator 29 verbunden ist.

[0025] Das in der Auswerteschaltung 20 erhaltene integrierte Signal, im Weiteren auch Klopfsignal genannt, wird anschließend an einen Mikrocomputer 30 weitergegeben, wobei es zunächst mittels eines Analog-/Digitalwandlers (A/D Wandler) 33 in ein digitales Signal umgewandelt wird. Das digitale Signal wird weitergeleitet zu einer Klopferkennungseinheit 35, die ebenfalls im Mikrocomputer 30 enthalten ist. In der Klopferkennungseinheit 35 wird das digitalisierte Klopfsignal mit einem Klopferkennungsschwellwert verglichen. Dabei erhält die Klopferkennungseinheit 35 die Klopferkennungsschwellwerte aus einer Speichereinheit 37, die ebenfalls im Mikrocomputer 30 enthalten ist. In einem einfachen Ausführungsbeispiel wird dann ein Klopfen durch die Klopferkennungseinheit 35 erkannt, wenn das digitalisierte Klopfsignal die Klopferkennungsschwellwerte überschreitet. Wird die Klopferkennungsschwellwerte nicht überschritten, so erkennt die Klopferkennungseinheit 35, dass kein Klopfen aufgetreten ist.

[0026] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird das aktuelle digitalisierte Klopfsignal  $U_{INT, \text{aktuell}}$  mit einem Referenzwert  $U_{REF, \text{alt}}$  des jeweiligen aktuellen Zylinders verglichen. Der Vergleich beinhaltet die Ermittlung einer relativen Klopftintensität RKI, die sich als Quotient aus dem aktuellen Klopfsignal und dem zylinderindividuellen Referenzwert ergibt:

$$RKI = \frac{U_{INT, \text{aktuell}}}{U_{REF, \text{alt}}}.$$

[0027] Die relative Klopftintensität RKI wird anschließend in der Klopferkennungseinheit 35 mit einem Klopferkennungsschwellwert verglichen. Auch in diesem Ausführungsbeispiel wird der Klopferkennungsschwellwert wiederum durch die Speichereinheit 37 bereitgestellt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel wird dabei durch die Speichereinheit 37 ein zylinderindividueller Klopferkennungsschwellwert für den aktuellen Zylinder bereitgestellt.

[0028] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel wird der zylinderindividuelle Referenzwert  $U_{REF, \text{alt}}$ , der zur Berechnung der relativen Klopftintensität RKI benötigt wird, laufend an den aktuellen Betriebszustand der Brennkraftmaschine angepasst. Dies geschieht mit Hilfe eines Nachführfaktors  $N$ , mit dessen Hilfe ein neuer zylinderindividueller Referenzwert  $U_{REF, \text{neu}}$  berechnet wird, in dem das aktuelle Klopfsignal  $U_{INT, \text{aktuell}}$  berücksichtigt wird. Die Berechnung des neuen zylinderindividuellen Referenzwerts  $U_{REF, \text{neu}}$  erfolgt vorzugsweise mittels folgender Gleichung:

$$U_{REF, \text{neu}} = \frac{N-1}{N} \times U_{REF, \text{alt}} + \frac{1}{N} \times U_{INT, \text{aktuell}}.$$

[0029] Um zu erkennen, in welchem Zylinder der Brennkraftmaschine gerade eine Verbrennung stattfindet, d. h. ein Klopfen auftreten kann, ist in der Brennkraftmaschine eine Zylindererkennungseinheit 90 vorgesehen, mit deren Hilfe erkannt werden kann, in welchem Zylinder gerade eine Verbrennung stattfindet. Die Zylindererkennung und -zuordnung erfolgt vorzugsweise anhand von Kurbelwellengebern oder Nockenwellengebern. Die von der Zylindererken-

nungseinheit 40 ermittelten Informationen über den Zylinder, bei dem aktuell ein Verbrennungsvorgang stattfindet, werden sowohl an die Klopferkennungseinheit 35 als auch an die Speichereinheit 37 und einer, ebenfalls in Mikrocomputer 30 enthaltenen Ansteuereinheit für die Auswerteschaltung 31 weitergegeben. In der Klopferkennungseinheit 35 werden die Informationen über den aktuellen Zylinder dazu benötigt, den zylinderindividuellen Referenzwert zur Berechnung der relativen Klopftintensität RKI bereitzustellen.

10 In der Speichereinheit 37 werden die Informationen über den aktuellen Zylinder dazu benutzt, die dem aktuellen Zylinder entsprechende Klopferkennungsschwellwerte an die Klopferkennungseinheit 35 weiterzugeben.

[0030] In der erfundungsgemäßen Vorrichtung zur Klopf-15 erkennung ist es möglich, mittels der Ansteuereinheit für die Auswerteschaltung 31 den Bandpassfilter 25 derart zu steuern, dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters verändert wird. Dazu ist die Ansteuereinheit für die Auswerteschaltung 31 mit dem Bandpassfilter 25 der Auswerteschaltung 20 verbunden. In einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann dabei der Durchlassbereich des Bandpassfilters 25 zylinderindividuell verändert werden. Dies ist deshalb sinnvoll, da die Klopfsensoren sich in verschiedenen Abständen von den Zylindern der Brennkraftmaschine befinden. Des weiteren können die Zylinder bauliche Unterschiede aufweisen, die dazu führen, dass der für Klopfvorgänge charakteristische Frequenzbereich je nach Zylinder unterschiedlich ist. Die Information über den aktuellen Zylinder erhält die Ansteuereinheit 31 dabei von der Zylinder-30 erkennungseinheit 40.

[0031] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung ist weiterhin ein Drehzahlsensor 50 vorgesehen, der die aktuelle Drehzahl der Brennkraftmaschine misst. Vorzugsweise werden zur Messung der Drehzahl Sensoren, die an der Kurbelwelle angebracht sind, genutzt. Die Information über die Drehzahl wird vom Drehzahlsensor 50 an die Ansteuereinheit 31 für die Auswerteschaltung weitergegeben. Die Ansteuereinheit 31 nutzt diese Information und ändert abhängig von der Drehzahl den Durchlassbereich

35 des Bandpassfilters 25. Eine Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters 25 wird analog zu dem vorangehenden Ausführungsbeispiel über eine Verbindung zwischen der Ansteuereinheit 31 und dem Bandpassfilter 25 vorgenommen.

[0032] Um den Durchlassbereich des Bandpassfilters 25 zu ändern, kann in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel durch die Ansteuereinheit 31 die Mittenfrequenz des Bandpassfilters 25 geändert werden. In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel kann die untere Eckfrequenz des Bandpassfilters und/oder die obere Eckfrequenz des Bandpassfilters geändert werden. Dabei wird als Mittenfrequenz die Resonanzfrequenz des Bandpassfilters bezeichnet. Als untere bzw. untere Eckfrequenz des Bandpassfilters wird die Frequenz bezeichnet, unterhalb bzw. oberhalb der eine so

40 hohe Dämpfung des Signals erfolgt, so dass das Signal dort eine vernachlässigbare Intensität aufweist. Beispielsweise kann hierzu die Frequenz herangezogen werden, bei der die Dämpfung 3 dB beträgt. Abhängig von der Filterart können diese Eckfrequenzen jedoch auch anders definiert sein. In einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist dabei die Mittenfrequenz und/oder die untere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz in der Speichereinheit 37 in jeweils einem Kennfeld enthalten, wobei die Werte jeweils Bereichen der Drehzahl und/oder der Zylindernummer zugeordnet sind. Zum Auslesen der Mittenfrequenz und/oder der unteren Eckfrequenz und/oder der oberen Eckfrequenz ist die Speichereinheit 37 mit der Ansteuereinheit 31 verbunden.

45 50 55 60 65 70 75 80 85 90

[0033] In einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird bei einer Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters die Klopferkennung schnell an diese Veränderung angepasst. Hierzu wird in einem ersten Ausführungsbeispiel die in der Speichereinheit 37 enthaltene Klopferkennungsschwelle bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters mit einem Schwellwert-Korrekturfaktor multipliziert, der ebenfalls in der Speichereinheit 37 enthalten ist. Die so korrigierte Klopferkennungsschwelle wird dann mit der relativen Klopfintensität RKI in der Klopferkennungseinheit 35 verglichen. Die Korrektur der Klopferkennungsschwelle ist deshalb vorteilhaft, da mit einer Änderung des bei der Klopferkennung erfassten Frequenzbereichs ein geändertes Klopfsignal  $U_{INT,aktuell}$  und somit eine geänderte relative Klopfintensität RKI ermittelt wird. Diese Änderung wird erst nach einigen Schritten durch die Anpassung des zylinderindividuellen Referenzwerts  $U_{REF,alt}$  ausgeglichen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann ein derartiger Schwellwert-Korrekturfaktor applizierbar vorgegeben werden, wobei in einem weiteren Ausführungsbeispiel auch ein zylinderindividueller Schwellwert-Korrekturfaktor vorgesehen werden kann. Dabei ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel die in der Speichereinheit 37 enthaltene zylinderindividuelle Klopferkennungsschwelle zusätzlich abhängig von Last und Drehzahl und wird vorzugsweise aus einem in der Speichereinheit 37 enthaltenen Kennfeld, das abhängig von Last, Drehzahl und/oder Zylindernummer ist.

[0034] In einem weiteren, bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ebenfalls für den Nachführfaktor N in der Speichereinheit 37 ein Nachführ-Korrekturfaktor vorgesehen, der mit dem Nachführfaktor N multipliziert wird. Ein derartiger korrigierter Nachführfaktor  $N_{KORR}$  wird bei einer Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters statt des Nachführfaktors N benutzt, um einen zylinderindividuellen Referenzwert  $U_{REF,neu}$  zu berechnen. Anhand des korrigierten Nachführfaktors  $N_{KORR}$  ist es möglich, bei der Berechnung eines neuen zylinderindividuellen Referenzwertes das aktuelle integrierte Klopfsignal stärker bei der Berechnung zu berücksichtigen. Die Klopferkennung wird so schnell an die veränderten Bedingungen durch die Veränderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters angepasst. Der Nachführ-Korrekturfaktor ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel zylinderindividuell und applizierbar.

[0035] In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, bei dem das folgende erfindungsgemäße Verfahren, beispielsweise im Rechner des Steuergerätes einer Brennkraftmaschine abläuft:

Wird bei einer Klopferkennungseinrichtung, die ein umschaltbares Filter, insbesonders Bandpaßfilter aufweist, und beispielsweise aus der EP 0 576 560 B1 bekannt ist, im Schritt SCH1 eine Änderung der Filtercharakteristik festgestellt, werden im Schritt SCH2 ein Arbeitsspielzähler auf einen applizierbaren Startwert und der Referenzpegelnachführfaktor KRFTP auf den (kleineren) Wert KRFTPO gesetzt. Die Definition des Referenzpegelnachführfaktors kann der genannten Druckschrift entnommen werden. Der Arbeitsspielzähler bestimmt dabei die Dauer der Umschaltphase. Im Schritt SCH3 wird bestimmt, ob die Änderung der Filtercharakteristik zu einer Erhöhung oder Verminderung des Motorgrundgeräusches bzw. des Grundgeräusches der Brennkraftmaschine führen wird. Entsprechend wird in den Schritten SCH4.1 bzw. SCH4.2 der Korrekturfaktor FK für die Klopferkennungsschwelle KE auf einen Wert FKEFMU1>1 bzw. FKEFMU2<1 gesetzt.

[0036] In den Schritten SCH5 und SCH6 wird ggf. der Arbeitsspielzähler dekrementiert. Nach Beendigung der Umschaltphase, wenn im Schritt SCH7 erkannt wird, dass der

Arbeitsspielzähler auf Null steht bzw. den Wert 0 erreicht hat, werden die Maßnahmen rückgängig gemacht, das heißt der Klopferkennungsschwellenkorrekturfaktor FK wird auf 1 gesetzt und der Referenzpegelnachführfaktor KRFTP wird auf seinen Normalwert KRFTP1 gesetzt. Danach beginnt der Programmdurchlauf erneut.

[0037] Wird dabei im Schritt SCH1 keine Änderung der Filtercharakteristik erkannt, wird im Schritt SCH9 überprüft, ob eine Umschaltphase ausgelöst ist. Wird im Schritt 10 SCH9 festgestellt, dass eine Umschaltphase aktiv ist, dass also in einem der vorhergehenden Durchläufe eine Umschaltphase ausgelöst wurde und der Arbeitsspielzähler >0 ist, wird mit Schritt SCH5 der Arbeitsspielzähler dekrementiert. Wird dagegen im Schritt SCH9 erkannt, dass der Arbeitsspielzähler nicht aktiv ist, beginnt das Programm erneut mit dem Schritt SCH1.

[0038] Die Abkürzungen in Fig. 1 bedeuten:

AS: Arbeitsspiel

FK: Korrekturfaktor für die Klopferkennungsschwelle

20 FKEFMU1: Korrekturfaktor für die Klopferkennungsschwelle bei zunehmendem Motorgeräusch, größer oder gleich 1

FKEFMU1: Korrekturfaktor für die Klopferkennungsschwelle bei abnehmendem Motorgeräusch, größer oder 25 gleich 1

KRFTP: Referenzpegelnachführfaktor

KRFTPO: Referenzpegelnachführfaktor bei instationärem Motorgeräusch (Umschaltphase)

KRFTP1: Referenzpegelnachführfaktor bei stationärem 30 Motorgeräusch (ohne Umschaltphase).

[0039] Die Dauer der Umschaltphase kann statt durch einen Arbeitsspielzähler z. B. auch durch einen Brennungsztähler und Timer realisiert werden. KRFTPO kann beispielsweise auch aus der Multiplikation von KRFTP mit 35 einem Korrekturfaktor bestimmt werden.

[0040] In Fig. 2 ist ein Beispiel für eine Klopferkennungseinrichtung bei einer Brennkraftmaschine dargestellt, mit der auch das erfundungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann. Dabei bezeichnet im einzelnen 10 einen

40 Klopfsensor, der einem Zylinder der Brennkraftmaschine zugeordnet ist und die Geräusche im Zylinder bzw. die Geräusche der Brennkraftmaschine erfaßt und ein von diesen Geräuschen abhängiges Ausgangssignal liefert. Die erfaßten Geräusche werden über einen regelbaren Verstärker 11 und 45 einen Filter 12 einer Demodulationsschaltung 13 zugeführt.

[0041] Der Gleichrichter der Demodulationsschaltung 13 ist mit einem Integrator 15 verbunden. Durch die Regelung des Verstärkungsfaktors kann erreicht werden, dass der Referenzpegel des Ausgangssignales weitgehend konstant und 50 unabhängig von der Motordrehzahl bleibt. Der Integrator 15 bildet während eines kurbelwellensynchronen Meßfensters, welches von einem Steuergerät 16 in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Drehzahlgebers 17 gebildet wird, das Meßsignal ikr. Das Meßsignal wird in einem Komparator 18 55 mit der vom Steuergerät vorgegebenen Klopfschwelle KS verglichen und das Ausgangssignal des Komparators 19 wird als Klopferkennungssignal verwendet. Vom Steuergerät 16 wird zur Klopffregelung ein Ausgangssignal an die Endstufe 20a geführt zur Auslösung der Zündung in dem betreffenden Zylinder.

[0042] Die Charakteristik des Filters 12 ist veränderbar.

[0043] Beispielsweise kann ein Bandpaßfilter beispielsweise durch geeignete Ansteuerimpulse vom Steuergerät 16 so umgeschaltet werden, dass vorgebbare Frequenzen im 60 Durchlaßbereich liegen. Die Umschaltung bzw. die Frequenzänderung kann bspw. durch entsprechende Ansteuerimpulse vom Mikroprozessor des Steuergerätes 16 ausgelöst werden. Da insbesonders die auszublendenen Hintergrund-

geräusche in ihren Frequenzen von der Drehzahl abhängen, wird die Filtercharakteristik drehzahlabhängig verändert bzw. umgeschaltet.

[0044] Die Filtereinrichtung, der Gleichrichter und der Integrator sowie gegebenenfalls weitere Komponenten können digital und/oder analog, also auch als Kombination von analogen und digitalen Elementen realisiert sein und im Steuergerät 16 einer Brennkraftmaschine, beispielsweise auch im Prozessor des Steuergerätes integriert sein. Die erforderlichen Verfahrensschritte laufen beispielsweise ebenfalls im Steuergerät 16 ab. Das Steuergerät 16, beispielsweise das übliche Steuergerät einer Brennkraftmaschine weist geeignete Prozessor- und Speichermittel zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren auf.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine, mit wenigstens einem Klopfsensor, dessen Ausgangssignal einer Auswerteschaltung, die wenigstens einen Filter aufweist, dessen Charakteristik änderbar ist, zugeführt wird und bei dem Klopfen erkannt wird, wenn das erfaßte und aufbereitete Ausgangssignal des Klopfsensors einen Referenzwert, der sich in Abhängigkeit vom Geräusch der Brennkraftmaschine verändert, in vorgebbarer Weise überschreitet, dadurch gekennzeichnet, dass während einer Phase, während der eine Änderung der Filtercharakteristik erfolgt, ein modifiziertes Klopferkennungsverfahren durchgeführt wird, bei dem die Klopferkennungsschwelle unempfindlicher geschaltet wird und/oder die Referenzpegelnachführung modifiziert wird.
2. Verfahren zur Klopferkennung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Phase der Umschaltung eine vorgebbare Zeitspanne angenommen wird und während dieser Zeitspanne die modifizierte Klopferkennung durchgeführt wird.
3. Verfahren zur Klopferkennung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erkennung, ob die Umschaltphase bereits abgelaufen ist, ein Zähler dekrementiert wird, der insbesonders ein Arbeitsspielzähler ist.
4. Verfahren zur Klopferkennung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Korrekturfaktor FK für die Klopferkennungsschwelle KE während der Umschaltphase auf einen Wert FKEFMU1 > 1 oder FKEFMU2 < 1 gesetzt wird.
5. Verfahren zur Klopferkennung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert FKEFMU1 > 1 gewählt wird, wenn die Umschaltung der Filtercharakteristik zu einer Erhöhung des Grundgeräusches führt und der Wert FKEFMU2 < 1 gewählt wird, wenn die Umschaltung der Filtercharakteristik zu einer Verkleinerung des Grundgeräusches führt.
6. Verfahren zur Klopferkennung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Referenzpegelnachführung während der Umschaltphase durch Wahl eines Referenzpegelnachführfaktors KRFTPO modifiziert wird, der kleiner ist als der Referenzpegelnachführfaktor KRFTP1 außerhalb der Umschaltphase.
7. Vorrichtung zur Klopferkennung bei einer Brennkraftmaschine, mit wenigstens einem Klopfsensor, der mit einer Auswerteschaltung in Verbindung steht und wenigstens ein Filter umfaßt, dessen Charakteristik veränderbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung Mittel umfaßt zur Durchführung wenigstens eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6

ausführt.

8. Verfahren zur Klopferkennung für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei mit mindestens einem Klopfsensor (1a, 1b, ..., 1n) Signale erfasst werden, die aufgrund einer Verbrennung in dem mindestens einen Zylinder entstehen, wobei mittels einer Auswerteschaltung (20) die von dem mindestens einen Klopfsensor erfassten Signale ausgewertet werden, wobei mittels eines in der Auswerteschaltung integrierten Bandpassfilters (25) zur Auswertung der Signale ein Frequenzband der Signale ausgewählt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittenfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die obere und/oder die untere Eckfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig verändert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Filtermittelfrequenz und/oder die untere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz in Abhängigkeit von der Drehzahl und/oder der Zylindernummer aus einem jeweiligen Kennfeld gelesen wird, das in einer Speichereinheit (37) des Mikrocomputers (30) gespeichert ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters ein Klopferkennungsschwellwert mit einem vorgebbaren Schwellwert-Korrekturfaktor multipliziert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Nachführfaktor (N) für die Anpassung eines Referenzwerts bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters mit einem vorgebbaren Referenzwert-Korrekturfaktor multipliziert wird.

14. Vorrichtung zur Klopferkennung für eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei mindestens ein Klopfsensor (1a, 1b, ..., 1n) zur Erfassung von Signalen vorgesehen ist, die durch eine Verbrennung in dem mindestens einen Zylinder entstehen, wobei eine Auswerteschaltung (20) zur Auswertung der von dem mindestens einen Klopfsensor erfassten Signale vorgesehen ist, wobei in der Auswerteschaltung ein Bandpassfilter (25) vorgesehen ist, so dass zur Auswertung der Signale ein Frequenzband der Signale auswählbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ansteuereinheit (31) vorgesehen ist, so dass der Durchlassbereich des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig veränderbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Ansteuereinheit (31) die Mittenfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig veränderbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Ansteuereinheit (31) die obere und/oder die untere Eckfrequenz des Durchlassbereichs des Bandpassfilters zylinderindividuell und/oder drehzahlabhängig veränderbar ist.

17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Mikrocomputer (30) eine Speichereinheit (37) vorgesehen ist, die die Mittenfrequenz und/oder die un-

tere Eckfrequenz und/oder die obere Eckfrequenz des Bandpassfilters in Abhängigkeit von der Drehzahl und/oder der Zylindernummer in jeweils einem Kennfeld enthält.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinheit (37) einen Schwellwert-Korrekturfaktor enthält, der bei Änderung des Durchlassbereichs des Bandpassfilters mit einem Klopferkennungsschwellwert multiplizierbar ist. 5

19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Speichereinheit (37) einen Referenzwert-Korrekturfaktor enthält, der mit dem Nachführfaktor (N) für einen Referenzwert bei Änderung des Durchlassbereichs 15 des Bandpassfilters multiplizierbar ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

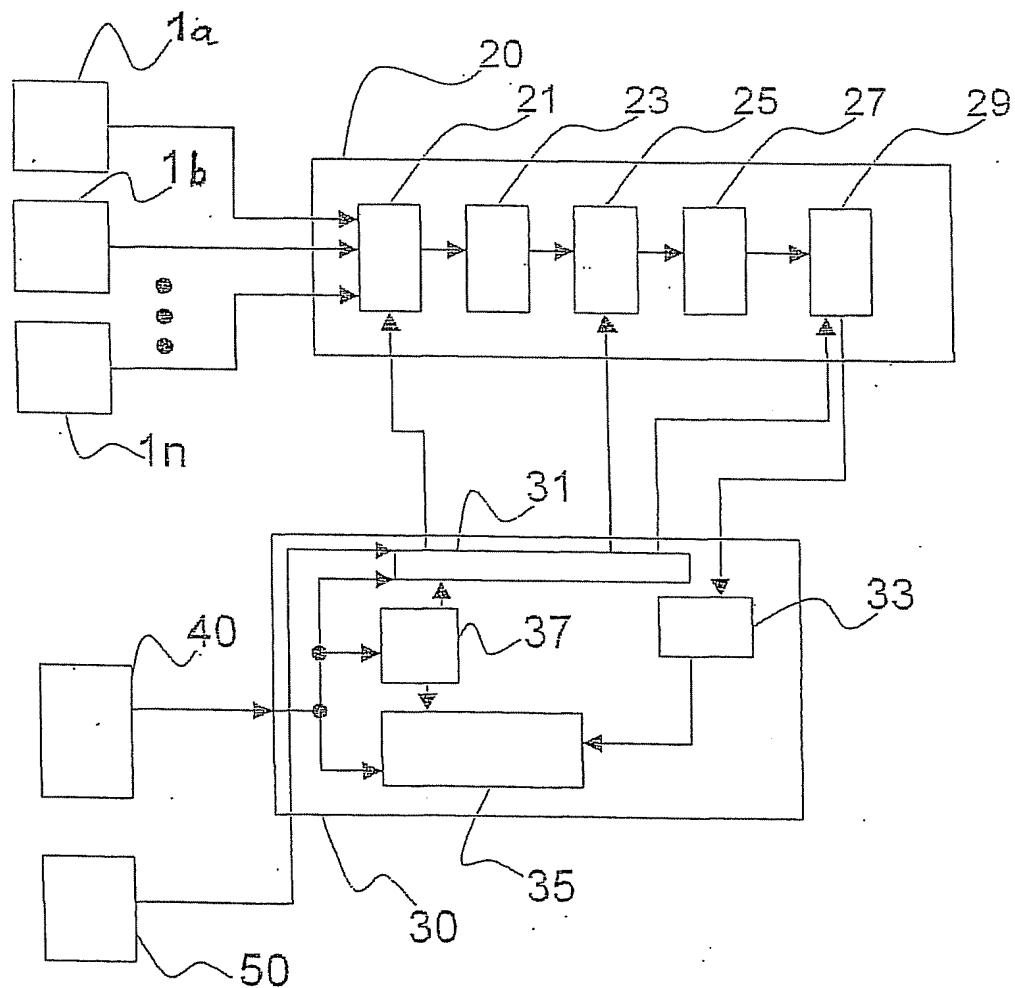


Fig. 1

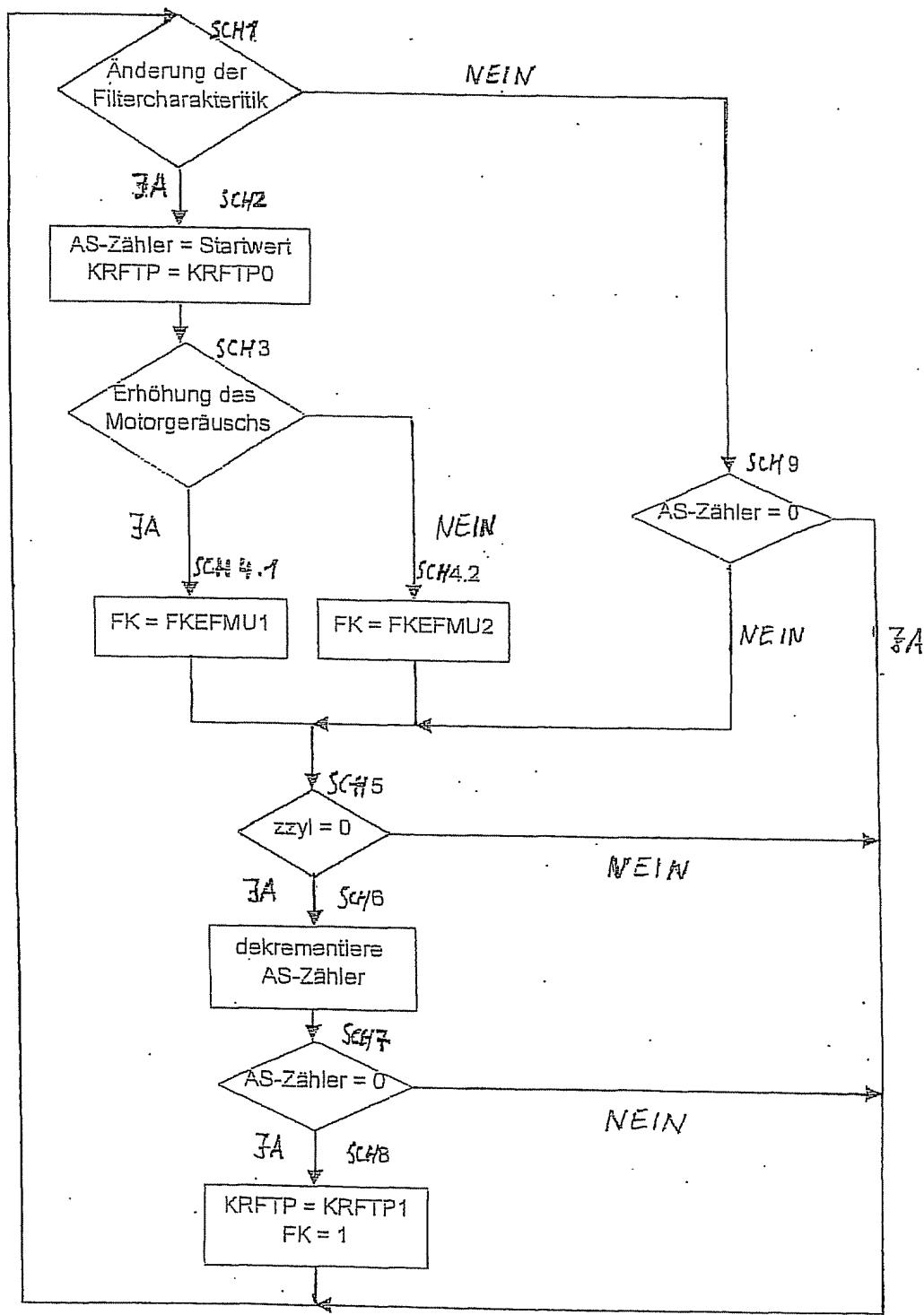


Fig 2

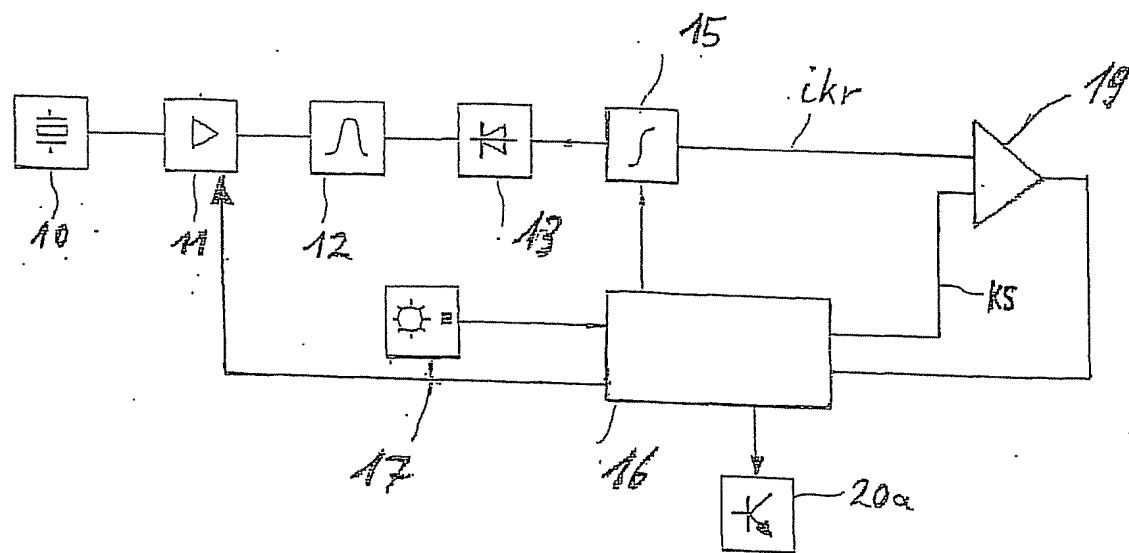


Fig 3